

مغزی که خود را تغییر می‌دهد

داستان‌هایی واقعی و شگفت‌انگیز از موفقیت‌های مغز بشر

تألیف

دکتر نورمن دویج

ترجمه

دکتر محمدرضا کرامتی

استاد دانشگاه تهران

افسانه محمدی شاهرخ



فهرست

مقدمه به قلم دکتر عبدالرحمن نجل رحیم	۵
سخن مترجم	۷
پیشگفتار	۹
فصل ۱- زنی که دائم می افتاد. . . (توسط مردی که انعطاف پذیری حواس ما را کشف کرد، نجات یافت). ..	۱۳
فصل ۲- ساختن مغزی بهتر (زنی که "عقب مانده" نامیده می شد کشف کرد که چگونه خود را درمان کند) ...	۳۶
فصل ۳- طراحی مجدد مغز (دانشمندی که مغزها را تغییر می دهد تا قدرت درک و حافظه را بالا ببرد، سرعت فکر کردن را افزایش دهد و مشکلات یادگیری را درمان کند)	۵۱
فصل ۴- شکل گیری عشق و جاذبه جنسی (انعطاف پذیری عصبی در مورد عشق و جاذبه جنسی چه می گوید؟)	۹۴
فصل ۵- رستاخیز در نیمه شب (قربانیان سکنه مغزی یاد می گیرند دوباره حرکت کنند و حرف بزنند)	۱۲۵
فصل ۶- باز شدن قفل مغز (استفاده از انعطاف پذیری برای کاهش نگرانی، وسواس و عادات بد)	۱۵۲
فصل ۷- درد (روی تاریک انعطاف پذیری)	۱۶۴
فصل ۸- تخیل (فکر کردن چه تأثیری دارد)	۱۸۲
فصل ۹- تبدیل اشباح به اجداد (روانکاوی، درمانی بر پایه انعطاف پذیری)	۱۹۸
فصل ۱۰- جوان سازی (کشف سلول های بنیادی عصبی و درس هایی برای محافظت از مغز)	۲۲۳
فصل ۱۱- چیزی بیش از مجموع اجزای یک زن (به ما نشان می دهد که مغز تا چه حد می تواند انعطاف پذیر باشد)	۲۳۴
پیوست ۱- مغز تحت تأثیر فرهنگ شکل می گیرد (مغز فرهنگ را می سازد و فرهنگ مغز را)	۲۵۹
پیوست ۲- انعطاف پذیری و ایده پیشرفت	۲۷۹
منابع	۲۸۳
واژه نامه انگلیسی به فارسی	۳۰۱

مقدمه

مغزی که خود را می‌سازد

کتابی را که در دست دارید ترجمه فارسی کتاب پرفروشی به زبان انگلیسی از نورمن دویج، پزشک، روانکاو و عاشق مغز پژوهی مدرن، است که در قالب روایت‌هایی ملموس و قابل فهم برای همه، به یکی از خاصیت‌های شگفت‌آور مغز انسان، یعنی انعطاف‌پذیری آن می‌پردازد. روایاتی هیجان‌انگیز و پرماجرا که به سبک داستان‌های پلیسی نوشته شده، صرفاً تلاش دارد تا خواننده را قانع کند که مغز خاصیتی انعطاف‌پذیر دارد و می‌توان از این خاصیت مغز با استفاده از ابزارهای مداخله‌گر، در جهت بهبود معلولیت‌های حادث از آسیب‌های سلسله اعصاب استفاده کرد و راهی نو برای ادامه زندگی فعال و همراه با سلامت پیدا کرد. نویسنده کتاب برای اینکه خواننده را قانع کند که واقعاً مغز عضوی انعطاف‌پذیر است و برخلاف تصور گذشته چون سخت‌افزاری کامپیوتری کار نمی‌کند، ناخواسته وجه مهم دیگر، یعنی خاصیت تخصص‌پذیری آن را زیر سؤال می‌برد که به ظاهر متناقض و مخالف با انعطاف‌پذیری مغز به نظر می‌رسد. اما در واقع این دو خاصیت به ظاهر متناقض مغز، لازم و ملزوم یکدیگرند. با وجود یکی بدون دیگری سازمان کارکردی مغز برای حفظ بقای انسان بهم می‌ریزد. این دو خاصیت به درجاتی در ساختمان زیستی همه موجودات روی زمین لحاظ شده است. گذشت آن زمانی که دستگاه‌های زیستی را با ساعت و یا دستگاه‌های مکانیکی و بعدها با کامپیوتر تشبیه می‌کردند و یا ژنتیک را مجموعه‌ای ثابت و کارکردش را از پیش تعیین شده می‌دانستند. دستگاه ژنتیکی بدن ما انعطاف‌پذیرترین دستگاه‌های طبیعی روی زمین است. ارتباطات بی‌شمار بین یاخته‌های مغز ما با فعالیت انعطاف‌پذیر مجموعه ژنتیکی ما وابسته است. اما موضعی و تخصصی شدن یاخته‌های مغز در مناطق سازماندهی شده مغز، سر جای خودش

هست و منافاتی با انعطاف‌پذیری در مواجهه با ناملازمات و صدمات ندارد. بنابراین نورولوژی که پایه‌های آن در قرن نوزدهم گذاشته شده، با یافته‌های جدید زیر سؤال نمی‌رود، بلکه تکمیل و کارآتر می‌شود. نباید فراموش کنیم که نقشه‌های مغزی را تا حدی می‌توان تغییر داد که تمامیت سازماندهی آن را برهم نریزد. البته نورمن دویچ در کتاب خود سعی دارد تا انعطاف‌پذیری مغز را با دلایلی قانع‌کننده به خواننده معمولی بفهماند. در این اصرار، گاه اغراق پیشه می‌کند و به خاصیت مهم تخصص‌یابی مغز که از منظر خوانندگان پر شمار کتاب، ممکن است متناقض جلوه کند، بی‌اعتنا است. رعایت انصاف و تعادل همیشه مشکل و البته عدم رعایت آن نیز گاه می‌تواند گمراه‌کننده باشد. درست است که با اطلاعاتی که از مغز پژوهی جدید داریم، یک منطقه از مغز فقط یک کار انجام نمی‌دهد، بلکه کارهای تخصصی گوناگونی بسته به برقراری نوع ارتباطات با مناطق دیگر مغز در ضمن تجربیات زندگی، به عهده دارد. اما این امر نیز به پیچیدگی تخصصی کارکرد مناطق مغزی می‌افزاید. با این همه مطالعه این کتاب را که حاوی توصیف‌های درخشان از مواردی خاص است را به همه مشتاقان علم و معرفت توصیه می‌کنم.

ترجمه کتاب‌هایی علمی از این دست با ظاهری ساده و همه‌فهم، در عمل احتیاج به دانش وسیع و عمیق و اشراف به تحولات علمی و مقایسه دقیق متون موجود در زبان انگلیسی و فارسی در این عرصه‌ها دارد، که کاری دشوار است. بدیهی است که با وجود تلاش قابل تقدیر مترجمان فارسی این کتاب، هنوز کم و کاستی‌های قابل ذکری مشاهده می‌شود که پرداختن به آنها فرصتی دیگر می‌طلبد.

عبدالرحمن نجل رحیم

دانشیار نورولوژی

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران

سخن مترجم

نورمن دویج، پزشک، روان‌شناس، روان‌کاو، شاعر، نویسنده، محقق و عضو هیئت علمی مرکز تحقیق و تربیت روان‌کاوی دانشگاه کلمبیا در نیویورک و دانشکده روان‌کاوی دانشگاه تورنتو می‌باشد و تاکنون چهار بار موفق به دریافت جایزه طلایی مجله ملی کانادا شده است. کتاب حاضر که به قلم چنین فردی با کلکسیونی از تخصص‌ها و تجربیات علمی به نگارش درآمده است، در سال ۲۰۰۸ برای نخستین بار در استرالیا و نیوزیلند به چاپ رسید و تا سال ۲۰۱۰ سیزده مرتبه تجدید چاپ شد. ترکیب ماهرانه تخصص‌های نویسنده در نگارش گرچه تا حدودی بر سنگینی قلمش سایه انداخته، اما جذابیت مطالب را دوچندان کرده است. این کتاب که حاصل تجربیات واقعی دانشمندان برجسته، پزشکان مشهور و بیماران است، می‌تواند مورد استفاده کلیه متخصصان در زمینه روان‌شناسی، روان‌پزشکی، اعصاب و روان و همچنین مشاوران، روان‌درمان‌گرها، مددکاران اجتماعی و پزشکان عمومی قرار گیرد. همچنین می‌توان آن را به عنوان یکی از منابع اصلی درس روان‌شناسی عصبی در دوره کارشناسی ارشد رشته روان‌شناسی معرفی کرد.

دکتر محمدرضا کرامتی

دانشیار دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه تهران

افسانه محمدی شاهرخ

زمستان ۱۳۹۱

پیشگفتار

این کتاب از یک کشف انقلابی پرده برمی‌دارد: مغز انسان می‌تواند خود را تغییر دهد؛ این تغییر خارق‌العاده براساس تجربیات واقعی دانشمندان، پزشکان و بیماران است. آنها بدون جراحی یا مصرف دارو، از قدرت ناشناخته مغز برای تغییر خودش استفاده کرده‌اند. برخی از این افراد مشکلات به‌ظاهر لاعلاج مغزی داشته‌اند و برخی مشکل خاصی نداشته و فقط می‌خواستند کارایی مغزشان را افزایش دهند یا تأثیر پیری را بر عملکرد مغزشان متوقف کنند.

این ماجراجویی بیش از چهارصد سال است که به جایی نرسیده است، زیرا در گذشته علم پزشکی بر این باور بود که آناتومی مغز ثابت است و تصور می‌شد پس از دوران کودکی، مغز تنها زمانی تغییر می‌کند که روند نزولی حاصل از گذر عمر آغاز گردد. اعتقاد بر این بود زمانی که انسان پا به دوره پیری می‌گذارد، سلول‌های مغز نه تنها رشد نمی‌کنند بلکه در معرض آسیب و نابودی نیز قرار می‌گیرند و در نتیجه، نمی‌توانند جایگزین شوند یا خود را بازسازی نمایند. همچنین، تصور می‌شد زمانی که بخشی از مغز آسیب می‌بیند، مغز نمی‌تواند ساختارش را تغییر دهد یا راه‌حل دیگری پیدا کند. نظریه تغییرناپذیری مغز می‌گفت افرادی که با محدودیت‌های ذهنی یا مغزی متولد شده‌اند یا آسیب مغزی طولانی مدت دیده‌اند در تمام عمر محکوم به تحمل آن هستند. به دانشمندانی که فکر می‌کردند می‌توانند مغز را از طریق فعالیت یا تمرین ذهنی بهبود بخشند، گفته می‌شد وقت خود را تلف نکنند.

یک پوچ‌گرایی عصب‌شناختی - احساسی مبنی بر غیرقابل‌درمان بودن نارسایی‌های مغزی حاکم شده بود و به‌صورت یک فرهنگ در آمده بود. این موضوع حتی باعث شده

بود نگرش‌ها نسبت به ماهیت انسان نیز محدود شود. زیرا اگر بپذیریم مغز نمی‌تواند تغییر کند، باید پذیرفت انسان هم نمی‌تواند تغییر کند. سه باور عمده موجب شده بود ایده تغییرناپذیری مغز رواج یابد:

۱. مبتلایان به آسیب‌های مغزی به ندرت می‌توانند کاملاً درمان شوند.
۲. بررسی فعالیت‌های میکروسکوپی مغز زنده برای ما غیرممکن است.
۳. مغز مانند یک دستگاه پر عظمت، گرچه کارهای خارق‌العاده زیادی انجام می‌دهد اما رشد نمی‌کند و دچار تغییر نمی‌شود.

من به واسطه تحقیقاتم به عنوان یک روان‌پزشک، روان‌کاو و محقق به نظریه تغییر مغز علاقه‌مند شدم. زمانی که بیماران گمان می‌کردند به لحاظ روانشناختی پیشرفت نمی‌کنند، باور پزشکی سنتی بر این بود که مشکلات آنها به «سیم‌کشی» مغز یعنی تغییرناپذیری آن مربوط است. بر اساس این باور، مغز مانند یک سخت‌افزار کامپیوتری دارای مدارهای به هم پیوسته است که هر یک برای انجام عملکرد خاصی طراحی شده‌اند.

اولین بار که شنیدم ممکن است مغز انسان سیم‌کشی نداشته باشد، مجبور شدم خودم تحقیق کنم و شواهد را بررسی نمایم. این تحقیقات مرا از اتاق مشاوره‌ام بسیار دور کرد. شروع به مسافرت کردم و طی سفر با دانشمندان برجسته بسیاری که جزء پیشگامان علوم مغزی محسوب می‌شدند و در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به اکتشافات غیرمنتظره دست یافته بودند، ملاقات کردم. آنها نشان داده بودند مغز با هر فعالیت متفاوتی که انجام می‌دهد، ساختارش را تغییر داده و مدارهایش را به تناسب آن فعالیت تکمیل می‌کند. اگر «بخش‌هایی» ضعیف عمل کنند، ممکن است بخش‌های دیگر به کمکش بیایند. در نظر گرفتن مغز به عنوان یک دستگاه، نمی‌توانست پاسخگوی تغییراتی باشد که این دانشمندان مشاهده کرده بودند. آنها به تدریج این ویژگی بنیادین مغز را «انعطاف‌پذیری عصبی»^۱ نامیدند.

عصب‌ها سلول‌های عصبی مغز و دستگاه عصبی ما هستند. Plastic به معنای «تغییرپذیر، تأثیرپذیر و قابل اصلاح» است. در ابتدا، بسیاری از دانشمندان جرأت نمی‌کردند در مقالات

و کتاب‌های خود از اصطلاح “انعطاف‌پذیری عصبی” استفاده کنند زیرا به‌خاطر ترویج این اصطلاح توسط همکاران‌شان تحقیر می‌شدند. اما آنها مقاومت کردند و به‌تدریج اصول تغییرناپذیری مغز را برانداختند و نشان دادند بچه‌ها همیشه در سطح توانایی‌های مغزی که هنگام تولد داشته‌اند، باقی نمی‌مانند. آنها آشکار ساختند که مغز آسیب‌دیده اغلب می‌تواند خود را دوباره سازمان‌دهی کند و اگر بخشی از آن ناکام بماند و یا برخی از سلول‌ها بمیرند، بخش دیگر یا سلول‌های دیگر می‌توانند جایگزین شوند و اینکه بسیاری از “مدارها” و حتی واکنش‌های اصلی که تصور می‌کنیم ثابت هستند، متغیرند. یکی از این دانشمندان حتی نشان داده است که فکرکردن، یادگرفتن و عمل‌کردن می‌توانند ژن‌های ما را خاموش و روشن کنند و ساختار مغز و رفتارمان را شکل دهند. این ایده یکی از شگفت‌انگیزترین اکتشافات قرن بیستم است.

در طول سفرهایم با دانشمندان زیادی ملاقات کردم که یکی از آنها به نابینایان مادرزاد، قدرت بینایی و دیگری به ناشنویان قدرت شنیدن می‌داد؛ با افرادی صحبت کردم که سال‌ها قبل سکته مغزی کرده بودند و پزشکان به آنها گفته بودند بیماری‌شان لاعلاج است. این افراد با درمان‌های انعطاف‌پذیری عصبی بهبود یافته بودند. با افرادی ملاقات کردم که اختلالات یادگیری‌شان درمان شده بود و بهره هوشی‌شان افزایش یافته بود؛ شواهدی را دیدم که نشان می‌داد کودکان هشت‌ساله می‌توانند حافظه خود را تا حد عملکرد افراد پانجاه‌وپنج ساله تقویت کنند. افرادی را دیدم که با افکارشان، سیم‌کشی مغز خود را طوری تغییر داده بودند که می‌توانستند وسواس و مصدومیت‌های لاعلاج خود را درمان کنند. من با برندگان برجسته جایزه نوبل صحبت کردم که معتقد بودند حالا که می‌دانیم مغز همواره در حال تغییر است، باید در مورد مدل مغز تجدیدنظر کنیم.

از زمانی که برای اولین بار آناتومی اولیه مغز را ترسیم کردیم، این ایده که مغز می‌تواند ساختارش را تغییر دهد، مهم‌ترین تغییر در دیدگاه ما نسبت به مغز به حساب می‌آید. این کشف هم مانند همه تحولات می‌تواند تأثیر به‌سزایی داشته باشد و امیدوارم این کتاب بعضی از این تأثیرات را نشان دهد. انقلاب انعطاف‌پذیری عصبی کاربردهای بسیاری از جمله در درک ما از اینکه چگونه عشق، جنسیت، اندوه، ارتباط، یادگیری، اعتیاد، فرهنگ، فناوری و روان‌درمانی مغز ما را تغییر می‌دهد، خواهد داشت. تمامی علوم انسانی، اجتماعی

و فیزیکی تا جایی که به طبیعت بشر مربوط می‌شوند و همهٔ انواع آموزش و پرورش تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. همهٔ مکاتب باید این واقعیت را بپذیرند که مغز همواره در حال تغییر است، می‌تواند خود را تغییر دهد و ساختارش در افراد، متفاوت است.

با اینکه انسان مغز خود را دست‌کم گرفته است و آن را غیرقابل‌انعطاف می‌داند اما باید پذیرفت همه چیز انعطاف‌پذیری عصبی خوب نیست؛ این ویژگی گرچه مغز را زیرک‌تر می‌سازد آن را در برابر تأثیرات بیرونی، آسیب‌پذیرتر هم می‌کند. انعطاف‌پذیری عصبی قدرت ایجاد رفتارهای تغییرپذیر و غیرقابل‌تغییرپذیر را هم دارد- پدیده‌ای که به آن «تضاد انعطاف» می‌گویند. زمانی که تغییری در مغز اتفاق می‌افتد و تثبیت می‌شود، می‌تواند جلوی تغییرات دیگر را بگیرد. تنها با درک تأثیرات مثبت و منفی انعطاف‌پذیری است که می‌توان میزان توانایی انسان را درک کرد. از آنجا که ضروری است برای کسانی که کار جدیدی می‌کنند اصطلاح جدیدی به کار برد، من کسانی را که از علم جدید تغییر مغز استفاده می‌کنند، متخصصان انعطاف‌پذیری عصبی می‌نامم.

فصل ۱

زنی که دائم می افتاد . . .

توسط مردی که انعطاف پذیری حواس ما را
کشف کرد، نجات یافت.

شریل اسکیلنز همواره احساس می کند می افتد و به همین خاطر واقعاً می افتد. زمانی که بدون کمک دیگری می ایستد، به نظرش می رسد که لبه پرتگاهی ایستاده و نزدیک است که سقوط کند. اول سرش گیج می رود و به یک طرف خم می شود و دست هایش را در تلاش برای ثابت کردن موقعیتش دراز می کند. خیلی زود بدنش با بی نظمی عقب و جلو می رود و شبیه بندبازی به نظر می رسد که روی طنابی ایستاده و قبل از اینکه تعادلش را از دست دهد مثل آلاکلنگی آشفته حرکت می کند. پاهایش، با فاصله، محکم به زمین چسبیده اند. گویا فقط نگران افتادن نیست، بلکه انگار بیشتر نگران است مبادا کسی هُلش بدهد.

به او می گویم «مثل کسی هستی که روی یک پل تِلو تِلو می خورد.» و او می گوید «بله، احساس می کنم قرار است بپریم، در حالی که اصلاً نمی خواهم.»

وقتی نزدیکش می شوم، می بینم خیلی تلاش می کند تا موقعیتش را تثبیت کند اما نمی تواند و تکان تکان می خورد. انگار یک دسته گانگستر نامرئی او را به طرف خود می کشند یا به سمت مخالف هُل می دهند و بی رحمانه تلاش می کنند او را به زمین بیاندازند. آنها پنج سال است که در درون او جا خوش کرده اند. هنگام راه رفتن، با اینکه دستش را به دیوار می گیرد ولی باز هم مثل یک فرد مست تِلو تِلو می خورد. او هرگز آرامش ندارد، حتی وقتی روی زمین می افتد.

شریل می‌گوید «گاهی پیش می‌آید که زمین را به معنای واقعی کلمه احساس نمی‌کنم. . . بلکه تصور می‌کنم یک دریچه خیالی باز می‌شود و مرا می‌بلعد.» حتی وقتی روی زمین افتاده است، احساس می‌کند در حال سقوط داخل یک چاه بی‌انتها است. مشکل شریل این است که دستگاه وستیبولار^۱ (اندام حس‌گر برای سیستم تعادل) کار نمی‌کند. او بسیار خسته است و این احساس که در حال سقوط آزاد است، اعصابش را به هم ریخته و نمی‌تواند به چیز دیگری فکر کند. او از آینده می‌ترسد. پس از مدتی، شغلش یعنی نمایندگی فروش بخش بین‌الملل یک شرکت را از دست داد و حالا با کمک هزینه ۱۰۰۰ دلاری برای معلولیت، زندگی‌اش را می‌گذراند. ترس دیگری هم به تازگی به ترس‌هایش اضافه شده و آن ترس از پیری است. این ترس نوع جدیدی از اضطراب را نشان می‌دهد که هیچ نامی ندارد. افرادی که چنین اختلالی دارند به لحاظ روانی از هم می‌پاشند و حتی ممکن است خودکشی کنند.

ما از حواسی برخورداریم که وقتی آنها را از دست می‌دهیم متوجه ارزش آنها می‌شویم. دستگاه وستیبولار از سه کانال نیم‌دایره‌ای در گوش درونی تشکیل شده که از طریق درک حرکت در فضای سه‌بعدی به ما می‌گوید چه زمانی ایستاده‌ایم و چگونه جاذبه بر بدن ما تأثیر می‌گذارد. یکی از کانال‌ها حرکت در سطح افقی، دیگری حرکت در سطح عمودی و کانال سوم حرکت به جلو یا عقب را پیگیری می‌کند. کانال‌های نیم‌دایره‌دارای موهای ریز در بستری از مایع هستند. زمانی که سر خود را تکان می‌دهیم، این مایع، موها را به حرکت در می‌آورد و سیگنالی به مغز می‌فرستد که به ما می‌گوید سرعت خود را در مسیر خاصی تغییر داده‌ایم. هر حرکت نیازمند تنظیم‌شدن بقیه قسمت‌های بدن است. اگر سرمان را به سمت جلو تکان دهیم، مغز به‌طور ناخودآگاه، به بخش مربوطه بدن می‌گوید که خود را تنظیم کند تا بتوانیم این تغییر در مرکز جاذبه بدن را متعادل کنیم و تعادل خود را حفظ نماییم. سیگنال‌های دستگاه وستیبولار از طریق یک عصب به سمت دسته‌ای از سلول‌های عصبی در مغز می‌رود که به آن «هسته‌های وستیبولار»^۲ گفته می‌شود. این هسته‌ی وستیبولار سیگنال‌ها را پردازش می‌کند و سپس به ماهیچه‌های ما پیام می‌فرستد

۱. Vestibular apparatus: در گوش داخلی ساختاری به نام دستگاه وستیبولار وجود دارد که به آن سیستم تعادلی نیز گفته می‌شود و وظیفه آن حفظ تعادل بدن است.

2. Vestibular nuclei

تا خود را تنظیم کنند. یک دستگاه وستیبولار سالم همچنین رابطه قدرتمندی با سیستم بینایی دارد. زمانی که دنبال یک اتوبوس می‌دوید و سرتان در حال دویدن به سمت عقب و جلو خم می‌شود، باز هم می‌توانید اتوبوس در حال حرکت را در مرکز دید خود نگه دارید زیرا دستگاه وستیبولار پیام‌هایی به مغز می‌فرستد و سرعت و مسیر دویدن‌تان را به آن می‌گوید. این سیگنال‌ها به مغز اجازه می‌دهد کره چشم‌تان را بچرخاند و تنظیم کند تا بتوانید آن را بر روی هدف، یعنی اتوبوس، ثابت نگه دارید.

من در کنار شریل هستم. او نسبت به آزمایش امروز امیدوار است و در مورد وضعیتش خویشتن‌دار و آماده پذیرش است. یوری دانیلو، بیوفیزیکدان گروه، محاسبات مربوط به اطلاعات حاصل از دستگاه وستیبولار شریل را انجام می‌دهد. او می‌گوید «شریل بیماری است که دستگاه وستیبولار خود را در حد نود و پنج تا صد درصد از دست داده است.» با توجه به یافته‌های علمی گذشته، امیدی به پرونده شریل نیست. دیدگاه سنتی مغز را متشکل از گروهی از پردازش‌کننده‌های تخصصی می‌داند که به لحاظ ژنتیکی تثبیت شده‌اند و هر کدام عملکرد خاصی دارند. زمانی که یکی آسیب ببیند، نمی‌توان آن را جایگزین کرد. احتمال به دست آوردن مجدد تعادل در سیستم آسیب‌دیده شریل به اندازه فردی است که شبکه چشمش آسیب دیده است و اکنون قدرت دید ندارد. اما همه این باورها امروز به چالش کشیده شده‌اند.

شریل یک کلاه محافظ به سر دارد که در اطرافش سوراخ‌هایی ایجاد شده است و درون آن، دستگاه شتاب‌سنج قرار دارد. او یک نوار پلاستیکی را که رویش الکترودهایی قرار دارد، می‌لیسد و روی زبانش قرار می‌دهد. دستگاه شتاب‌سنج درون کلاه سیگنال‌هایی به نوار می‌فرستد و هر دوی آنها به یک کامپیوتر متصل هستند. شریل به قیافه خود با آن کلاه می‌خندد و می‌گوید «اگر نخندم، گریه‌ام می‌گیرد.»

این دستگاه، جایگزین دستگاه وستیبولار شریل خواهد شد و از طریق زبانش سیگنال‌های تعادلی را به مغزش خواهد فرستاد. کلاه می‌تواند کابوس فعلی شریل را وارونه کند. در سال ۱۹۹۷، بعد از یک عمل هیستریکتومی^۱، شریل که در آن زمان سی‌ونه سال داشت دچار عفونت پس از جراحی شد و به او آنتی‌بیوتیک جنتامایسین دادند.

۱. عمل بیرون آوردن رحم.

می‌گویند مصرف افراطی جنتامایسین ساختار گوش میانی را مسموم می‌کند و ممکن است قدرت شنوایی را کاهش دهد. اما از آنجا که جنتامایسین ارزان و تأثیرگذار است، هنوز هم تجویز می‌شود.

ناگهان شریل روزی متوجه شد نمی‌تواند بدون زمین خوردن، بایستد. او وقتی سرش را تکان می‌داد تصور می‌کرد اتاق دور سرش می‌چرخد و نمی‌توانست این موضوع را درک کند که چرخاندن سر موجب می‌شود این تصور را داشته باشد. او سرانجام دستش را به دیوار گرفت، روی زمین نشست و به سمت تلفن رفت تا با دکترش تماس بگیرد. وقتی به بیمارستان رسید، پزشکان روی او آزمایش‌های مختلفی انجام دادند تا ببینند سیستم وستیبولار بدنش کار می‌کند یا نه. آنها آب داغ و آب بسیار سرد داخل گوش‌هایش ریختند و او را روی میز خواباندند. وقتی از او خواستند با چشم بسته بایستد، سقوط کرد. یکی از پزشکان به او گفت «سیستم وستیبولار تو اصلاً کار نمی‌کند.» آزمایش‌ها نشان دادند تنها دو درصد از عملکرد این سیستم باقی مانده است.

شریل می‌گوید «دکتر با خونسردی و بی‌تفاوتی به من گفت به نظر می‌رسد از عوارض جانبی جنتامایسین باشد.» شریل در حالی که احساساتی شده بود فریاد زد: «چرا تا به حال هیچ‌کس به من چیزی در این مورد نگفته بود؟ دکتر گفت: «این حالت، همیشگی است.» از آنجا که ارتباط بین دستگاه وستیبولار شریل و سیستم بینایی‌اش آسیب دیده است، چشم‌هایش نمی‌توانند به راحتی یک هدف در حال حرکت را دنبال کنند. او می‌گوید: «همه چیزهایی را که می‌بینم انگار توسط یک فیلمبردار آماتور فیلم‌برداری شده است. به هر چیز که نگاه می‌کنم انگار از ژله درست شده است و با هر قدمی که برمی‌دارم، احساس می‌کنم همه چیز تکان می‌خورد.»

با اینکه نمی‌تواند اجسام در حال حرکت را با چشم‌هایش دنبال کند، حس بینایی تنها چیزی است که به او می‌گوید که ایستاده است. چشم‌ها با ثابت شدن بر روی خطوط افقی به ما کمک می‌کنند تا بفهمیم در کجای فضا قرار داریم. یک بار وقتی برق‌ها رفت، شریل بلافاصله روی زمین افتاد. اما به او ثابت شد که بینایی دستیار غیرقابل‌اعتمادی است، چون هر حرکتی در برابر او - حتی فردی که به سمتش می‌رود - احساس افتادن را تشدید می‌کند. حتی خطوط زیگزاگ روی فرش هم، با فرستادن پیام‌های اشتباه مبنی بر اینکه کج ایستاده است (در حالی که این‌طور نیست)، می‌تواند او را سرنگون کند.

او از خستگی ذهنی هم رنج می برد، زیرا باید همواره گوش به زنگ باشد. قدرت مغزی زیادی مورد نیاز است تا بتوان در حالت ایستاده باقی ماند- قدرت مغزی که از عملکردهای ذهنی مثل حافظه و توانایی محاسبه و استدلال گرفته می شود. در حالی که یوری اعداد کامپیوتر را برای شریل می خواند، از او می خواهم که من هم دستگاه را امتحان کنم. کلاه محافظ بنایی را روی سرم می گذارم و دستگاه پلاستیکی با الکترودهای رویش را که نمایشگر زبان نامیده می شود، در دهانم می گذارم. مسطح است و ضخامت آن به اندازه یک بسته آدامس بیشتر نیست.

شتاب سنج یا حس گر درون کلاه حرکت در دو جهت را دنبال می کند. وقتی سرم را تکان می دهم، این حرکت در نقشه ای روی صفحه کامپیوتر طوری نشان داده می شود که گروه بتواند آن را بررسی کند. همین نقشه بر روی ردیف ۱۴۴ اتایی الکترودهای کار گذاشته شده بر روی نوار پلاستیکی درون دهانم نیز نشان داده می شود. وقتی سرم را به جلو خم می کنم، شوک های الکتریکی در جلوی زبانم ایجاد می شود تا به من بگوید به جلو خم شده ام. روی صفحه کامپیوتر می توانم جای سرم را بینم. وقتی به عقب خم می شوم، احساس می کنم شوک های الکتریکی با حرکتی نرم به عقب زبانم می روند. همین اتفاق وقتی به دو طرف خم می شوم هم می افتد. بعد، چشم هایم را می بندم و سعی می کنم با زبانم راهم را در فضا پیدا کنم. خیلی زود فراموش می کنم که اطلاعات حسی از زبانم می آید و می تواند جایگاهم را در فضا پیدا کند.

شریل کلاه را پس می گیرد و به میز تکیه می دهد تا تعادلش را حفظ کند. یوری می گوید: «بیاید شروع کنیم» و سپس کنترل ها را تنظیم می کند. شریل کلاه را روی سرش می گذارد و چشم هایش را می بندد. از میز کمی فاصله می گیرد و ارتباطش را فقط با دو انگشت نگه می دارد. او نمی افتد، اما هیچ نظری در مورد اینکه چه چیزی بالا یا پایین است ندارد، به جز همان شوک های کوچکی که به زبانش وارد می شوند. او انگشت هایش را از روی میز برمی دارد. دیگر تلو تلو نمی خورد. شروع به گریه می کند و سیل اشک هایش بعد از یک ضربه روحی سرازیر می شود. او که حالا کلاه بر سر دارد و احساس امنیت می کند، می تواند راحت باشد. اولین بار که کلاه را روی سرش گذاشت، دیگر آن احساس سقوط مداوم را (برای اولین بار در طی پنج سال) نداشت. هدف امروز او این است که با کلاه، بیست دقیقه آزادانه بایستد و در همان حالت به صورت متمرکز باقی بماند. بیست دقیقه

صاف ایستادن برای هر کسی مستلزم یادگیری آموزش‌ها و مهارت‌های محافظان قصر باکینگهام است - چه رسد به یکی از افراد قبیله لِرزان.

شریل آرام به‌نظر می‌رسد. اصلاحات جزئی انجام می‌دهد. تِلُو تِلُو خوردن متوقف شده و شیاطین مرموزی که به‌نظر می‌رسید درون او هستند و او را هل می‌دهند یا می‌کشند، ناپدید شده‌اند. مغزش سیگنال‌های فرستاده‌شده از دستگاه وستیبولار مصنوعی را رمزگشایی می‌کند. برای او، این لحظات آرامش مثل یک معجزه است؛ یکی از معجزات انعطاف‌پذیری عصبی. زیرا این احساس خارش‌های روی زبانش که اغلب به بخشی از مغز به نام قشر حسی^۱ (لایه نازک بر روی سطح مغز که حس لامسه را پردازش می‌کند) می‌روند، حالا از طریق مسیر جدیدی راه خود را به بخشی از مغز که محل ایجاد تعادل است، باز کرده‌اند.

باخی ریتا می‌گوید «حالا تلاش می‌کنیم این دستگاه را آن قدر کوچک کنیم که بتوان آن را درون دهان مخفی کرد، مثل وسائل ارتودنسی. این هدف ما است. بعد شریل و همه کسانی که این مشکل را دارند، می‌توانند به زندگی عادی خود برگردند. افرادی مثل شریل باید بتوانند از این دستگاه استفاده کنند، حرف بزنند و غذا بخورند بدون اینکه کسی متوجه آن شود. او ادامه می‌دهد «اما این تنها روی کسانی که از مصرف جنتامایسین آسیب دیده‌اند، تأثیر نمی‌گذارد. دیروز در نیویورک تایمز مقاله‌ای در مورد افتادن در پیری خواندم. افراد پیر از افتادن، بیشتر از مورد حمله قرار گرفتن می‌ترسند. یک سوم افراد پیر می‌افتند و چون از افتادن می‌ترسند، در منزل می‌مانند، از اعضای بدن‌شان استفاده نمی‌کنند و به‌لحاظ فیزیکی شکننده‌تر می‌شوند. اما من گمان می‌کنم بخشی از مشکل این است که حس وستیبولار - درست مثل شنوایی، چشایی، بینایی و حواس دیگر - با گذشت زمان ضعیف‌تر می‌شود. این دستگاه به آنها هم کمک خواهد کرد.»

یوری می‌گوید: «وقتش است» و سپس دستگاه را خاموش می‌کند. در این لحظه، دومین شگفتی انعطاف‌پذیری عصبی آغاز می‌شود. شریل دستگاه زبانی را خارج می‌کند و کلاه را برمی‌دارد. لبخند بزرگی می‌زند، آزادانه با چشم بسته می‌ایستد و نمی‌افتد. بعد چشم‌هایش را باز می‌کند و بدون اینکه میز را بگیرد، یکی از پاهایش را از روی زمین بلند می‌کند و

تبادلش را با پای دیگر حفظ می کند و می گوید: «من عاشق این مرد هستم» و سپس به سمت باخی ریتا می رود، او را در آغوش می گیرد و در حالی که احساساتی شده است، از اینکه دوباره زمین را زیر پاهایش حس می کند شادمان است و بعد به سمت من می آید، مرا هم در آغوش می گیرد و ادامه می دهد:

«احساس ثبات و تعادل می کنم. لازم نیست فکر کنم که ماهیچه های بدنم کجا هستند. می توانم به چیزهای دیگر فکر کنم.» به سمت یوری برمی گردد و او را هم در آغوش می کشد. یوری، که خود را فردی شکاک می داند، می گوید: «کدام قسمت این یک معجزه است. شریل تقریباً هیچ حس گر طبیعی نداشت. در بیست دقیقه گذشته ما یک حس گر مصنوعی برای او فراهم کردیم. اما معجزه واقعی حالا اتفاق افتاده است. ما دستگاه را برداشته ایم و او دیگر نه دستگاه وستیبولار طبیعی دارد و نه مصنوعی. ما یک جور نیرو را در درون او برانگیخته ایم.»

شریل اولین بار فقط یک دقیقه کلاه را روی سرش گذاشت. آنها متوجه شدند پس از برداشتن کلاه، نوعی «تأثیر باقیمانده» حدود بیست ثانیه وجود داشت. بعد شریل دو دقیقه کلاه را بر سر گذاشت و تأثیر باقیمانده آن حدود چهل ثانیه شد. سپس، آنها مدت زمان استفاده از دستگاه را تا بیست دقیقه افزایش دادند و انتظار داشتند تأثیر باقیمانده حداکثر به هفت دقیقه برسد. اما در کمال شگفتی به یک ساعت رسید.

شریل شروع به شوخی و خودنمایی می کند. «دوباره می توانم مثل یک زن راه بروم. این احتمالاً برای اکثر مردم مهم نیست، اما برای من خیلی مهم است که دیگر لازم نیست با پاهای کاملاً باز راه بروم.» سپس، از روی صندلی بلند می شود و پایین می پرد. خم می شود و چیزهایی را از روی زمین برمی دارد تا نشان دهد که می تواند دوباره راست بایستد و بعد می گوید: «دفعه پیش که این کار را کردم توانستم در زمان باقیمانده طناب بازی کنم.» یوری می گوید: «جالب این است که او تنها موقعیت قرار گرفتن خود را حفظ نمی کند. بعد از چند بار استفاده از دستگاه، تقریباً رفتار عادی پیدا کرده است مانند حفظ تعادل روی یک میله و رانندگی کردن. این بازیافتن عملکرد وستیبولار است. وقتی سرش را تکان می دهد، می تواند تمرکزش را روی هدف حفظ کند- رابطه بین حس بینایی و سیستم وستیبولار هم بهبود یافته است.»

سرم را بلند می کنم و می بینم او با باخی ریتا می رقصد. شریل او را هدایت می کند.

چگونه شریل می‌تواند بدون دستگاه برقصد و به زندگی عادی خود بازگردد؟ باخی ریتا فکر می‌کند دلایل متعددی وجود دارند. یکی اینکه سیستم وستیبولار آسیب‌دیده‌اش پارازیت دارد، به هم ریخته است و به‌طور تصادفی سیگنال‌هایی می‌فرستد. بنابراین، پارازیت‌های بافت آسیب‌دیده جلوی سیگنال‌های بافت سالم را می‌گیرد. این دستگاه کمک می‌کند سیگنال‌های بافت سالم تقویت شوند. باخی ریتا همچنین فکر می‌کند این دستگاه کمک می‌کند روش‌های دیگری هم به‌کار گرفته شوند؛ اینجا است که انعطاف‌پذیری عصبی وارد می‌شود. سیستم مغز از راه‌های عصبی متعدد یا سلول‌های عصبی زیادی تشکیل شده است که به هم مرتبط‌اند و با هم کار می‌کنند. اگر بعضی از راه‌های اصلی مسدود شود، مغز از راه‌های قدیمی‌تر استفاده می‌کند و آنها را دور می‌زند. باخی ریتا می‌گوید: «من این‌طور به ماجرا نگاه می‌کنم. اگر از اینجا به سمت میلوای حرکت کنی و پل اصلی بسته باشد، اول نمی‌توانی کاری بکنی و فلج می‌شوی. بعد به سراغ راه‌های فرعی که از زمین‌های کشاورزی می‌گذرد می‌روی. بعد، همین‌طور که بیشتر و بیشتر از این راه‌ها استفاده می‌کنی، راه‌های کوتاه‌تری برای رسیدن به مقصد پیدا می‌کنی و کم‌کم سریع‌تر به مقصد می‌رسی.» این راه‌های عصبی فرعی به تدریج آشکار گردیده و بر اثر استفاده، قوی‌تر می‌شوند. اغلب تصور می‌شود که این «آشکار شدن» یکی از راه‌های اصلی برای سازمان‌دهی مجدد مغز انعطاف‌پذیر است.

این واقعیت که شریل به تدریج زمان تأثیر باقیمانده را افزایش می‌دهد، نشان‌دهنده آن است که راه‌های آشکار شده، در حال قوی‌تر شدن هستند. باخی ریتا امیدوار است شریل با تمرین بتواند مدت زمان تأثیر باقیمانده را باز هم افزایش دهد.

چند روز بعد، یک ایمیل از شریل به دست باخی ریتا رسید که نشان می‌داد تأثیر باقیمانده چقدر طول کشیده است. «کل زمان تأثیر باقیمانده: ۳ ساعت و ۲۰ دقیقه. . . لرزش‌ها در سرم شروع می‌شود، درست مثل همیشه. . . در پیدا کردن کلمات مشکل دارم. . . احساس شناوری در سرم. . . خسته، درمانده. . . افسرده.»

یک داستان سیندرلای دردناک. خارج شدن از حالت عادی بسیار دشوار است. وقتی این اتفاق می‌افتد، شریل حس می‌کند مرده است، به زندگی برگشته و بعد، دوباره مرده است. از طرف دیگر، سه ساعت و بیست دقیقه بعد از تنها بیست دقیقه استفاده از دستگاه یعنی تأثیر باقیمانده‌ای ده برابر بیشتر از زمانی که با دستگاه سپری شده است. شریل اولین

لرزانی است که تاکنون مورد معالجه قرار گرفته است و حتی اگر زمان تأثیر باقیمانده افزایش پیدا نکند، او می تواند چهار بار در روز از آن استفاده کند و یک زندگی طبیعی داشته باشد. اما دلایل خوبی وجود دارد که انتظاری بیشتر از این داشته باشیم، چون به نظر می رسد هر جلسه استفاده از دستگاه به او می آموزد که زمان باقیمانده را افزایش دهد. اگر این حالت ادامه پیدا کند. . .

. . . این حالت ادامه پیدا کرد و سال بعد، شریل برای رسیدن به آرامش بیشتر و افزایش دادن تأثیر باقیمانده، بیشتر و بیشتر از دستگاه استفاده کرد. زمان تأثیر باقیمانده او به چند ساعت، چند روز و بعد به چهار ماه رسید. حالا او دیگر از دستگاه استفاده نمی کند و خودش را یک فرد لرزان نمی داند.

در سال ۱۹۶۹، مجله نیچر، برترین مجله علمی اروپا، مقاله کوتاهی منتشر کرد که حال و هوای علمی - تخیلی داشت. نویسنده اصلی آن، پل باخی ریتا بود و دو نویسنده همکار داشت که یکی از آنها دانشمندی در زمینه علوم پایه و دیگری پزشک توان بخشی بود (یک تیم فوق العاده و کم نظیر). این مقاله دستگاهی را توصیف می کرد که به افراد نابینا متولد شده، قدرت بینایی می داد. همه این افراد شبکه های آسیب دیده داشتند و کاملاً غیر قابل درمان بودند.

در روزنامه های نیویورک تایمز، نیوزویک و لایف به مقاله نیچر نه به عنوان یک مقاله که یافته های تازه ای دارد بلکه به عنوان مقاله ای که ادعاهای غیرمحمتمل دارد، اشاره شد. بنابراین، طولی نکشید که این دستگاه و مخترعش فراموش شدند. همراه مقاله، دستگاه عجیبی بود - یک صندلی دندان پزشکی قدیمی با پستی لرزنده، دسته ای سیم به هم پیچیده و کامپیوترهایی بزرگ. کل این ابتکار که از بخش های زاید و با علم الکترونیک دهه ۱۹۶۰ سرهم شده بود، حدود ۱۸۲ کیلوگرم وزن داشت.

یک فرد نابینای مادرزاد - کسی که تجربه بینایی نداشت - روی صندلی می نشست، پشت یک دوربین بزرگ به اندازه دوربین هایی که آن زمان در استودیوهای تلویزیونی استفاده می شد. او با چرخاندن دسته هایی که دوربین را حرکت می داد، منظره ای را می دید که سیگنال های الکتریکی را به کامپیوتری که آنها را پردازش می کرد، می فرستاد. بعد این سیگنال ها به چهارصد محرک لرزان منتقل می شدند که به صورت ردیفی روی صفحه ای فلزی و درون پستی صندلی طوری جاسازی شده بودند که محرک ها در مجاورت پوست

فرد نابینا قرار می‌گرفتند. محرک‌ها مثل پیکسل‌هایی عمل می‌کردند که برای بخش‌های تیره می‌لرزیدند و در برابر رنگ‌های روشن‌تر ثابت می‌ماندند. این دستگاه که «لمسی-بصری»^۱ خوانده می‌شد، به افراد نابینا اجازه می‌داد بخوانند، صورت‌ها و سایه‌ها را تشخیص دهند و دریابند چه اشیایی نزدیک و چه اشیایی دورتر هستند. این دستگاه به آنها اجازه می‌داد مناظر را کشف کنند و ببینند چگونه با نگاه کردن از زوایای مختلف، شکل اشیاء تغییر می‌کند. شش شرکت‌کننده در این آزمایش توانستند اشیایی مثل تلفن را حتی وقتی از پشت یک گلدان به آن نگاه می‌کردند، تشخیص دهند. آنها در این آزمایش که در دهه ۱۹۶۰ انجام شد، حتی توانستند تصویر مدل‌های زیبای آن زمان را هم تشخیص دهند.

با کمی تمرین، شرکت‌کنندگان نابینا کم‌کم توانستند فضای مقابل‌شان را به صورت دو بُعدی تجربه کنند. اگر کسی توپی را به سمت دوربین می‌انداخت، شرکت‌کننده به‌طور خودکار عقب می‌پرید تا توپ به او برخورد نکند. اگر صفحه محرک‌های لرزنده از پشت‌شان به شکم‌شان منتقل می‌شد، باز هم شرکت‌کننده‌ها می‌توانستند اتفاقات جلوی دوربین را درک کنند. اگر در نزدیکی، محرک‌ها آنها را غلغلک می‌دادند، آن را با محرک‌های بصری اشتباه نمی‌گرفتند. تجربه ادراکی ذهنی آنها نه در سطح پوست، بلکه در دنیای واقعی اتفاق می‌افتاد و درک‌شان پیچیده بود. شرکت‌کنندگان با تمرین، می‌توانستند دوربین را حرکت دهند و جملاتی مثل این را بگویند «این بتی است. موهایش امروز باز است و عینک ندارد؛ دهانش باز است و دارد دست راستش را از سمت چپ به پشت سرش می‌برد.» درست است که دقت تصویر اغلب کم است، اما همان‌طور که باخی ریتا می‌گوید، لازم نیست دید کامل باشد تا آن را دید بنامیم. او می‌گوید: «وقتی در یک خیابان مه‌آلود قدم می‌زنیم و طرح کلی یک ساختمان را می‌بینیم، آیا می‌توان گفت به‌خاطر واضح نبودن، آن را کمتر می‌بینیم؟ وقتی چیزی را به صورت سیاه و سفید می‌بینیم، آیا به‌خاطر رنگی نبودن، دید ما کمتر است؟»

این دستگاه که یکی از اولین کاربردهای موفقیت‌آمیز انعطاف‌پذیری عصبی بود (تلاش برای استفاده از یک حس به‌جای حس دیگر)، به‌خاطر تفکر، علمی غالب آن زمان مبنی بر ثابت بودن مغز و تغییرناپذیری حواس، مورد بی‌توجهی قرار گرفت. به این طرز تفکر،

که هنوز هم پیروان بسیاری دارد، «موضع یابی کارکردی مغز»^۱ می گفتند. بر اساس این تفکر، مغز مانند یک دستگاه پیچیده از بخش هایی تشکیل شده است که هر کدام عملکرد ذهنی خاصی دارند و به لحاظ ژنتیکی در موضع مشخص و ثابتی قرار می گیرند. از این رو، انعطاف پذیری جایی در این شیوه تفکر ندارد.

از همان ابتدای مطرح شدن این تفکر در قرن هفدهم، ایده «مغز دستگاه مانند» علوم عصبی را هدایت کرد، تحت تأثیر قرار داد و جایگزین مفاهیم عرفانی در مورد روح و بدن شد. دانشمندان، تحت تأثیر اکتشافات گاليله (۱۵۶۴-۱۶۴۲) که نشان داد سیارات را می توان هیئت های بی جانی در نظر گرفت که با نیروی مکانیکی به حرکت در می آیند، باور کردند که کل طبیعت با تأثیرپذیری از قوانین فیزیک به شکل یک ساعت کیهانی بزرگ عمل می کند و کم کم به ارائه تعاریف مکانیکی از موجودات زنده از جمله اندام های بدن پرداختند. در نتیجه، این ایده که کل طبیعت یک مکانیسم بزرگ است و اندام های ما مثل دستگاه هستند، جایگزین ایده دوهزار ساله یونانی شد که کل طبیعت و همچنین اندام های بدن را یک ارگانیسم زنده می دانست. اما اولین دستاورد این «زیست شناسی مکانیکی» جدید، دستاوردی درخشان و اصیل بود.

ویلیام هاروی (۱۵۷۸-۱۶۵۷) که در پادوای ایتالیا (همان جایی که گاليله سخنرانی می کرد) مشغول مطالعه آناتومی بود، کشف کرد که چگونه خون درون بدن می چرخد و نشان داد عملکرد قلب مثل یک پمپ است. به زودی بسیاری از دانشمندان تصور کردند که اگر توضیحی بخواهد علمی باشد، باید مکانیکی باشد - یعنی مطابق قوانین مکانیکی حرکت. فیلسوف فرانسوی رنه دکارت (۱۵۹۶-۱۶۵۰) به پیروی از هاروی، استدلال کرد که مغز و سیستم عصبی هم عملکردی مانند پمپ دارند. او اعتقاد داشت اعصاب لوله هایی هستند که از اعضای بدن تا مغز و برعکس، کشیده شده اند. دکارت اولین کسی بود که در مورد واکنش های غیرارادی نظریه پردازی کرد؛ او معتقد بود زمانی که پوست یک نفر لمس می شود، ماده ای مایع مانند در لوله های عصبی به سمت مغز می رود و به صورت مکانیکی بر اعصاب تأثیر می گذارد تا ماهیچه ها حرکت کنند. دانشمندان خیلی زود در برابر این ایده عکس العمل نشان دادند و استدلال کردند آنچه درون اعصاب جریان دارد،